

**ИССЛЕДОВАНИЕ СЕЗОННОЙ
ИЗМЕНЧИВОСТИ ЧАСТОТЫ
ПЛАВУЧЕСТИ И ХАРАКТЕРИСТИК
ПЕРВОЙ МОДЫ ВНУТРЕННИХ ВОЛН
В РАЙОНЕ БЕНГЕЛЬСКОГО
АПВЕЛЛИНГА**

*Ю.В. Артамонов,
А.Е. Букатов, Н.М. Соловей*

Морской гидрофизический институт
НАН Украины
г. Севастополь, ул. Капитанская, 2
E-mail: ocean@mhi2.sebastopol.ua

На основе архивной базы гидрологических данных (WOD-2001) исследуется сезонная изменчивость частоты плавучести, собственного периода колебаний и распределения вертикальной составляющей скорости первой моды внутренних волн в районе Бенгельского апвеллинга.

Введение. Районы интенсивного прибрежного подъема глубинных вод имеют сложную «многофронтальную» структуру, о чём свидетельствует, в частности, пятнистая структура поля температуры и высокая изменчивость гидрофизических полей [1]. Фронтальные разделы, находящиеся в нестационарном состоянии, излучают широкий спектр внутренних колебаний в инерционно-гравитационном диапазоне. Они оказывают существенное влияние на характер и распространение колебаний в толще вод океана.

Настоящая работа посвящена исследованию изменчивости частоты плавучести, собственного периода и распределения вертикальной составляющей скорости первой моды внутренних волн в районе Бенгельского апвеллинга на сезонном масштабе.

Материалы и методика. В качестве исходных данных использовались массивы реальных значений температуры и солёности (World Ocean Database – 2001). Массив фактических гидрологических наблюдений для акватории 5° – 35° ю.ш. и 5° з.д. – побережье Африки включает более 20000 станций. Относительно равномерное распределение гидрологических данных по месяцам позволяет достоверно описать сезонный цикл гидрофизических полей.

Для исследования сезонной изменчивости апвеллинга был рассчитан термический

индекс апвеллинга (ТИА). Методика расчёта ТИА изложена в работах [2, 3].

По фактическим данным рассчитывались значения максимумов частоты Вайсяля-Брента ($\max(N)$) и глубины их залегания ($h\max(N)$). Затем эти значения осреднялись в узлах полуградусной сетки.

Исследование внутренних волн проводилось исходя из системы линейных уравнений движения непрерывно стратифицированной жидкости в форме Фиельдстада [4, 5]. Она сведена к задаче типа Штурма-Лиувилля для амплитудной функции $w(z)$ вертикальной составляющей скорости с нулевыми граничными условиями на дне и свободной поверхности жидкости. Для численной реализации задачи строилась её конечно-разностная аппроксимация на сетке неравно отстоящих узлов с шагом, соответствующим расстоянию между горизонтами гидрологических наблюдений. Полученная система алгебраических уравнений решалась методом, основанным на решении характеристического уравнения для её матрицы [6]. Численные расчёты вертикального распределения $w(z)$ проводились для заданного волнового числа (длины волны L). Определялась глубина залегания максимума $w(z)$ и соответствующий собственный период моды внутренних волн. Для анализа сезонной изменчивости рассчитываемых характеристик и её согласованности с внутригодовым циклом термического индекса апвеллинга рассматривались величины, полученные на широтном удалении 100 км от берега в полосе от 5° до 35° ю.ш. с шагом 2° .

Анализ результатов. Распределение термического индекса апвеллинга показывает, что по характеру внутригодовой изменчивости ТИА в прибрежном районе Юго-Западной Африки выделяются 2 зоны (рисунок 1):

1) между 6° и 17° ю.ш. – сезонный апвеллинг. Подъём вод наблюдается здесь с июня по сентябрь, значения модуля термического индекса не превышают 1.5°C .

2) между 17° и 34° ю.ш. – зона круглогодичного апвеллинга, которую можно разделить на 3 подзоны, различающиеся по интенсивности апвеллинга:

а) между 17° и 24° ю.ш. – подзона умеренного апвеллинга. Здесь максимальные по модулю значения ТИА наблюдаются в

апреле – мае (-5°C), минимальные – с октября по декабрь месяц (-2.5°C).

б) между 24° и 28° ю.ш. – подзона максимального развития и интенсивной сезонной изменчивости апвеллинга. Наибольшие по модулю значения ТИА наблюдаются на 26.5° ю.ш., в районе ячейки Людериз [2]. Термический индекс апвеллинга изменяется от -9°C в феврале – апреле до -4°C в августе – сентябре.

в) между 28° и 34° ю.ш. – подзона умеренного апвеллинга с наибольшим по модулю значением ТИА (-6°C) в марте – апреле и наименьшим (-2°C) в сентябре – октябре.

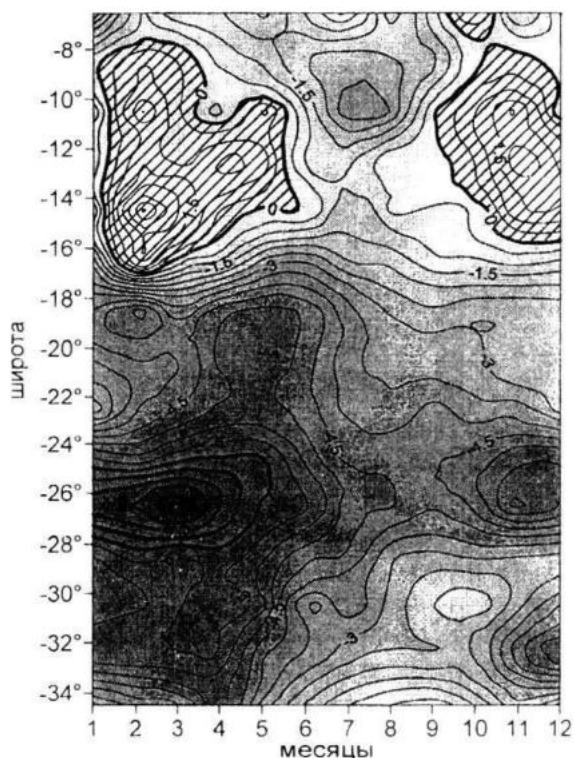


Рисунок 1 – Пространственно-временное распределение термического индекса апвеллинга ($^{\circ}\text{C}$)

Пространственно-временное распределение максимума частоты Вьясяля – Брента по глубине показывает (рисунок 2), что в зоне сезонного апвеллинга, к северу от 17° ю.ш., отмечаются его наибольшие значения. Причём в месяцы, когда апвеллинг отсутствует (с октября по май), отмечаются максимальные значения $\max(N)$. Внутригодовые циклы термического индекса апвеллинга и максимума частоты Вьясяля-Брента здесь совпадают.

Подобный эффект имеет место и для Канарского апвеллинга. Там в полосе ин-

тенсивного сезонного апвеллинга, между 20° и 10° с.ш., максимальные значения $\max(N)$ наблюдаются также в месяцы, когда апвеллинг отсутствует [3].

Между 24° и 28° ю.ш., где отмечаются максимальные по модулю значения ТИА и максимальная сезонная изменчивость апвеллинга, наблюдается минимальная сезонная изменчивость максимума частоты Вьясяля-Брента. В подзонах а) и в) сезонная изменчивость максимума частоты Вьясяля-Брента выражена более ярко. Наибольшие значения $\max(N)$ в полосе круглогодичного апвеллинга наблюдаются с декабря по май месяц, наименьшие – с июля по октябрь.

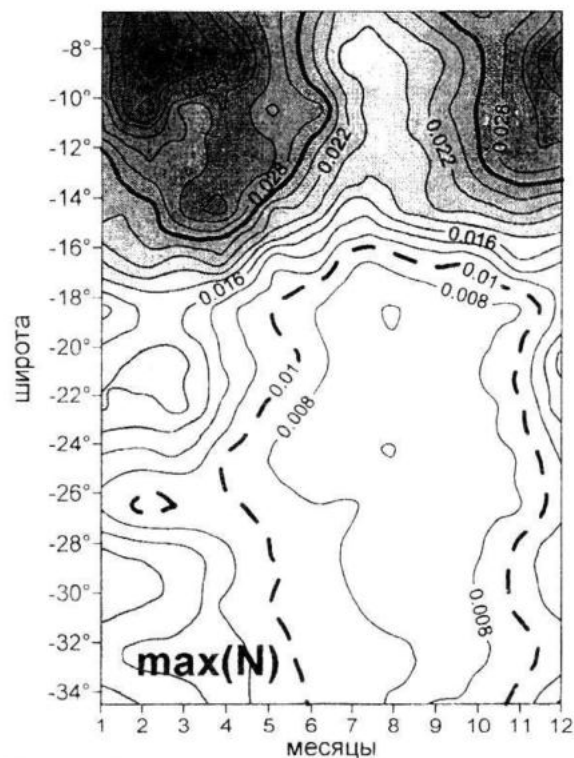


Рисунок 2 – Сезонная изменчивость максимума частоты Вьясяля-Брента (1/с) на широтном удалении 100 км от берега

Внутригодовая изменчивость глубин залегания максимумов частоты Вьясяля-Брента и вертикальной составляющей скорости первой моды ($\max(W)$) (рисунок 3) показывает, что их наибольшие значения наблюдаются в полосе круглогодичного апвеллинга в период, когда термический индекс апвеллинга имеет наименьшие по модулю значения (с мая по ноябрь). Глубина залегания максимума частоты

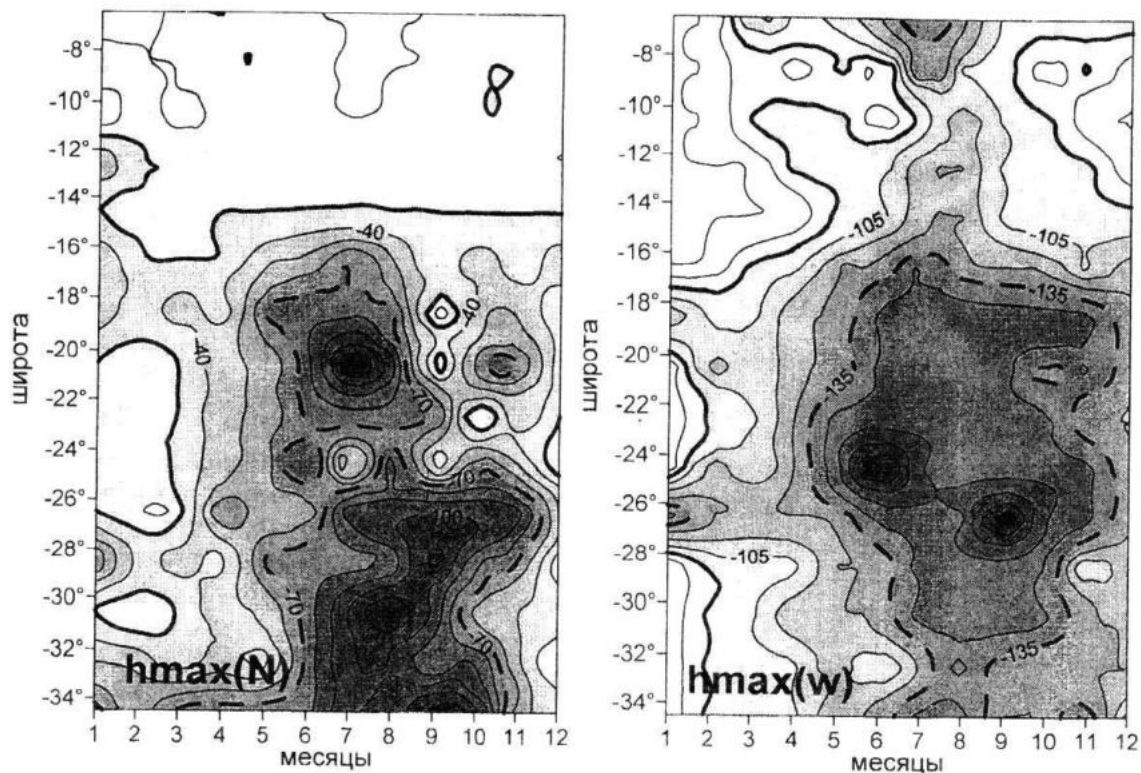


Рисунок 3 – Сезонная изменчивость глубины (м) залегания максимума частоты Вьяйсяля-Брента и максимума вертикальной составляющей скорости первой моды внутренних волн на широтном удалении 100 км от берега

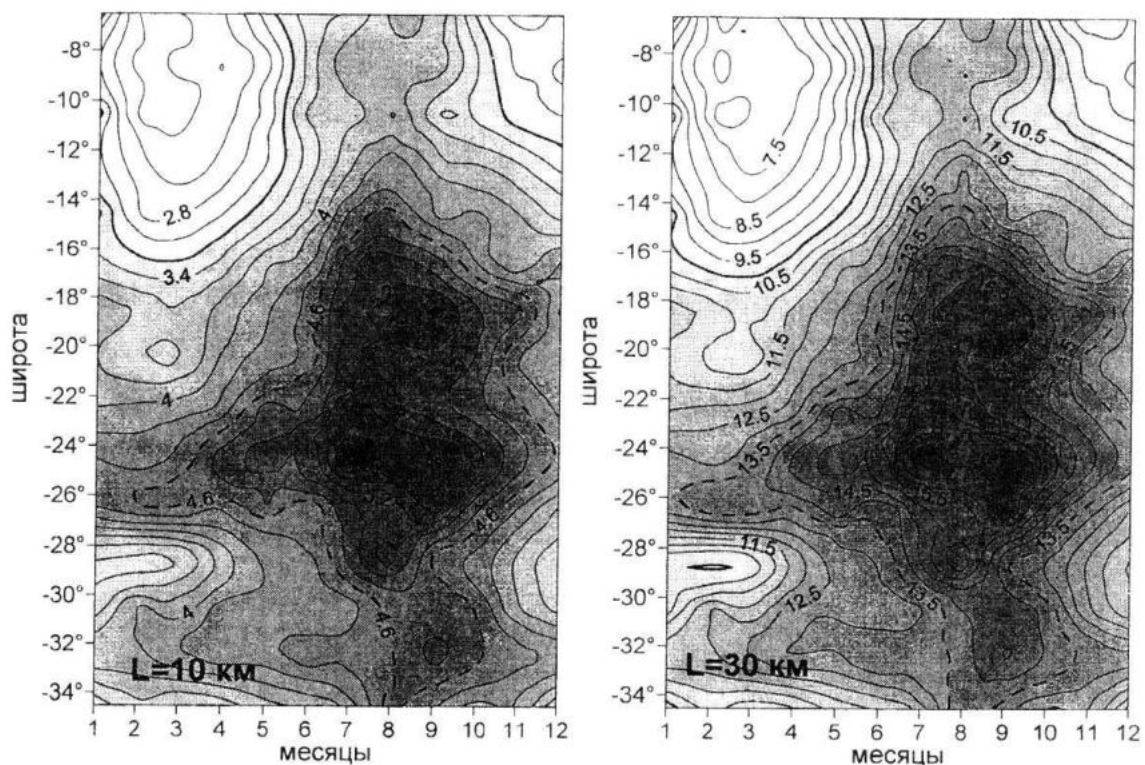


Рисунок 4 – Сезонная изменчивость периода (ч) собственных колебаний первой моды внутренних волн на широтном удалении 100 км от берега

Вяйсяля-Брента принимает свои наибольшие значения в те месяцы и в тех районах, где сам максимум имеет наименьшие величины.

На рисунке 4 представлено пространственно-временное распределение периода собственных колебаний первой моды внутренних волн для длин волн 10 и 30 км. Видно, что качественно характер пространственно-временного распределения периода не меняется с изменением длины волны. В полосе сезонного апвеллинга, к северу от 17° ю.ш., в месяцы, когда апвеллинг отсутствует (с октября по май), наблюдаются самые короткопериодные внутренние волны. Внутригодовые циклы ТИА, $\max(N)$, и Т здесь совпадают.

Наибольшие значения периода наблюдаются в полосе максимального развития апвеллинга между 24° и 28° ю.ш. Здесь же отмечается минимальная внутригодовая изменчивость периода собственных колебаний первой моды внутренних волн.

Заключение. Таким образом, по архивным гидрологическим данным для прибрежного района Юго-Западной Африки на основе линейных уравнений движения непрерывно стратифицированной жидкости выполнено исследование согласованности внутригодовой изменчивости частоты плавучести, характеристик первой моды внутренних волн и термического индекса Бенгельского апвеллинга.

Установлено, что наибольшие значения максимума частоты плавучести и наименьшие периоды собственных колебаний первой моды внутренних волн наблюдаются в полосе сезонного апвеллинга, в месяцы, когда апвеллинг отсутствует. Внутригодовые циклы термического индекса, максимума частоты плавучести и периода собственных колебаний первой моды внутренних волн здесь совпадают.

Наименьшие значения максимума частоты плавучести и наибольшие периоды

собственных колебаний первой моды внутренних волн наблюдаются в зоне круглогодичного апвеллинга, в полосе его максимального развития. Здесь же отмечается слабая изменчивость максимума частоты плавучести и периода колебаний в течение года.

Наибольшие глубины залегания максимума частоты Вяйсяля-Брента и максимума вертикальной составляющей скорости первой моды внутренних волн наблюдаются в полосе круглогодичного апвеллинга в период, когда термический индекс апвеллинга принимает свои наименьшие значения.

Л и т е р а т у р а

1. К.Н. Фёдоров. Физическая природа и структура океанических фронтов. – Л.: Гидрометеиздат, 1983. – 296 с.
2. П.П. Чернышков, А.М. Сирота, Е.Н. Тимохин. Структура и динамика вод в районах Канарского и Бенгельского апвеллингов в Атлантическом океане и их влияние на популяции пелагических рыб. – Калининград: АтлантНИРО, 2005. – 195 с.
3. Ю.В. Артамонов, А.Е. Букатов, Н.М. Соловей. Исследование сезонной изменчивости частоты Вяйсяля-Брента в районе Канарского апвеллинга по данным контактных измерений. // Системы контроля окружающей среды. – Севастополь, МГИ НАНУ, 2007. – С. 170 – 172.
4. В. Краусс. Внутренние волны. – Л.: Гидрометеиздат, 1968. – 272 с.
5. Ю.З. Миропольский. Динамика внутренних гравитационных волн в океане. – Л.: Гидрометеиздат, 1981. – 302 с.
6. В.А. Гриценко, В.П. Красицкий. Об одном способе расчёта дисперсионных соотношений и собственных функций внутренних волн в океане по данным натурных измерений // Океанология. – 1982, т. 22, вып. 4. – С. 546 – 549.